

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

① BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

② **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 195 33 314 A 1**

⑤ Int. Cl. 8:  
**G 02 B 27/09**

② Aktenzeichen: 195 33 314.4  
② Anmeldetag: 8. 9. 95  
④ Offenlegungstag: 13. 3. 97

DE 195 33 314 A 1

⑦ Anmelder:  
MicroLas Lasersystem GmbH, 37079 Göttingen, DE

⑦ Vertreter:  
Patent- und Rechtsanwälte Wuesthoff & Wuesthoff,  
81541 München

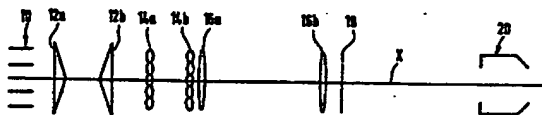
⑦ Erfinder:  
Kahlert, Hans-Jürgen, Dr., 37077 Göttingen, DE;  
Schmidt, Henning, Dr., 37181 Hardegsen, DE

⑤ Entgegenhaltungen:  
DE 24 31 285 C2  
DE 40 01 434 A1  
GB 22 88 900 A

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤ Abbildungsoptik zum verkleinernden Abbilden eines Lichtstrahls

⑤ Eine Abbildungsoptik zum verkleinernden Abbilden eines Lichtstrahls (10) mit inhomogener Intensitätsverteilung verwendet ein Schwarzschild-Objektiv (20), bei dem mittig eingestrahles Licht abgeschattet wird. Ein Biprisma und ein Homogenisierer bewirken eine Intensitätsverteilung, derart, daß der in das Schwarzschild-Objektiv eintretende Lichtstrahl in der Mitte eine geringere Intensität hat als in Randbereichen. Bei Abbildung eines von einem Excimerlaser emittierten Lichtstrahles mit kurzer und langer Achse wirkt das Biprisma bevorzugt nur in Richtung der kurzen Achse.



DE 195 33 314 A 1

Die Erfindung betrifft eine Abbildungsoptik zum verkleinernden Abbilden eines Lichtstrahls, der eine inhomogene Intensitätsverteilung mit höherer Intensität in der Strahlmitte als am Strahlrand hat. Insbesondere kann es sich dabei um einen von einem Excimerlaser emittierten Lichtstrahl handeln (der Begriff "Licht" erfaßt hier also auch den UV-Bereich des elektromagnetischen Spektrums).

Ein als solches bekanntes Schwarzschild-Objektiv ist für eine verkleinernde Abbildung eines von einem Excimerlaser emittierten Lichtstrahles gut geeignet. Aufgrund der bei Schwarzschild-Objektiven üblichen Anordnung von zwei Spiegeln wird aber die Transmission solcher Objektive durch Abschattung eines Teils des eingestrahnten Lichtes erheblich beeinträchtigt. Der abgeschattete (also verlorengehende) Bereich des Lichtstrahls liegt in der Mitte des Objektiveneingangs.

Excimerlaser emittieren kohärente UV-Lichtstrahlen hoher Intensität und werden insbesondere in der industriellen Fertigung, der Medizin und der Forschung eingesetzt. Ein besonderer Anwendungsbereich ist die Röntgenlithografie.

Der vom Excimerlaser emittierte (noch nicht optisch manipulierte) Lichtstrahl hat in der Regel keine gleichförmige Intensitätsverteilung über seinen Querschnitt. Der von einem Excimerlaser abgegebene Laserstrahl hat etwa Rechteckform mit Abmessungen von etwa 10 mal 30 mm. Dabei spricht man in Bezug auf die Rechteckform von einer kurzen Achse (also z. B. 10 mm lang) und einer langen Achse (also z. B. 30 mm lang). Für eine Vielzahl von Anwendungen muß dieser Strahl optisch stark verkleinernd abgebildet werden. Darüber hinaus wird bei einer Vielzahl von Anwendungen auch eine Homogenisierung der Strahlintensität verlangt, d. h. eine Vergleichmäßigung der Intensitätsverteilung des Strahls über seinen Querschnitt.

Die DE-A-42 20 705 (entsprechend das US-Patent 5,414,559) beschreibt eine Optik zum Homogenisieren von insbesondere Excimerlaserstrahlen. Auch die DE 38 29 728 A1, die DE 38 41 045 A1 und die DE 1 95 20 187 A1 beschreiben Homogenisieroptiken. Der genannte Stand der Technik wird nachfolgend als bekannt vorausgesetzt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Abbildungsoptik zum verkleinernden Abbilden eines Lichtstrahles, der eine inhomogene Intensitätsverteilung hat, insbesondere zum Abbilden eines von einem Excimerlaser emittierten Lichtstrahles, bereitzustellen, die ein Schwarzschild-Objektiv verwendet und dabei eine möglichst hohe Transmission des Objektivs erreicht.

Erfindungsgemäß wird dieses Ziel mit einer optischen Einrichtung erreicht, die die Intensitätsverteilung des in das Schwarzschild-Objektiv eintretenden Lichtstrahles so einstellt, daß die Intensität in der Strahlmitte geringer ist als außerhalb der Strahlmitte. Insbesondere wird die Intensitätsverteilung des in das Schwarzschild-Objektiv eintretenden Lichtstrahles so eingestellt, daß die Intensität in einem Kreisring um die Mitte des Strahles herum konzentriert ist. Die Intensitätsverteilung des Strahls wird also so gesteuert, daß im Abschattungsbereich des Schwarzschild-Objektivs die Intensität des Lichtstrahles möglichst gering ist und im Idealfall gegen Null geht, während der Großteil der Strahlenergie und insbesondere die Bereiche höchster Intensität in die Eintrittspille des Schwarzschild-Objektivs eintreten.

Bevorzugt ist als optische Einrichtung zum Ändern der Intensitätsverteilung ein Biprisma vorgesehen.

Weiter bevorzugt wird bei der verkleinernden Abbildung eines von einem Excimerlaser emittierten Lichtstrahles ein Biprisma so eingesetzt, daß es nur in Richtung einer der Achsen, bevorzugt der kurzen Achse des Lichtstrahles wirkt (Strahlung umlenkt), wobei Strahlung von dem Biprisma nicht in Richtung der langen Achse umgelenkt wird.

Als besonders vorteilhaft hat sich dabei ein Prisma herausgestellt, das in seiner Breite dem Abschattungsbereich des Schwarzschild-Objektivs angepaßt ist und wesentlich schmaler als der eigentliche Strahl ist.

Schwarzschild-Objektive sind beschrieben und erhältlich gemäß z. B. Katalog der Firma EALING, Z.B. Ausgabe 1993, Seite M 16 ff (zu erhalten über Firma EALING ELECTRO-OPTICS plc, Greycaine Road, Watford WD2 4PW, England).

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Zeichnung näher beschrieben. Es zeigt:

Fig. 1 schematisch den Abschattungsbereich und die Öffnungsblende eines Schwarzschild-Objektivs;

Fig. 2 schematisch eine Intensitätsverteilung eines nicht erfindungsgemäß optisch verarbeiteten Excimerlaser-Lichtstrahles;

Fig. 3 schematisch eine Intensitätsverteilung eines Excimerlaser-Lichtstrahles ebenfalls ohne erfindungsgemäße optische Verarbeitung des Lichtstrahles;

Fig. 4 schematisch eine Intensitätsverteilung eines in ein Schwarzschild-Objektiv eintretenden, erfindungsgemäß optisch verarbeiteten Excimerlaser-Lichtstrahles;

Fig. 5 schematisch eine Abbildungsoptik zur Erzeugung eines Lichtstrahles gemäß Fig. 4 in Richtung der kurzen Achse;

Fig. 6 die Abbildungsoptik entsprechend Fig. 5 in Richtung der langen Achse,

Fig. 7 schematisch einen Schnitt durch ein Schwarzschild-Objektiv,

Fig. 8 und 9 den Strahlengang für die schmale Achse bzw. die lange Achse bei den Abbildungsoptiken gemäß Fig. 5 und 6 und

Fig. 10 schematisch eine Intensitätsverteilung bei Einsatz von Biprismen für die lange Achse des Laserstrahls.

Ein als solches lange bekanntes Schwarzschild-Objektiv weist gemäß Fig. 1 einen Abschattungsbereich A in der Mitte auf und eine dazu konzentrische Öffnungsblende B. Im kreisförmigen Abschattungsbereich A auf das Schwarzschild-Objektiv auftreffende Strahlung wird ausgeblendet und trägt nicht zur Abbildung des Lichtstrahles bei, geht also für die Transmission des Objektivs verloren. Nur in den Kreisring zwischen dem Abschattungsbereich A und der äußeren Öffnungsblende B des Objektivs eintretende Strahlung trägt zur Abbildung bei. Bei zur Abbildung von Lichtstrahlen, die von einem Excimerlaser emittiert werden, verwendeten Schwarzschild-Objektiven liegt die Fläche des Abschattungsbereiches A typischerweise im Bereich von 15 bis 30% der Gesamtfläche (Flächeninhalt des Kreises B von Fig. 1).

Um eine möglichst hohe Transmission des Schwarzschild-Objektivs zu erreichen, muß möglichst viel Licht außerhalb des abschattenden Bereichs A eingestrahlt werden. Dabei muß aber auch die Strahlung so gestaltet sein, daß das eingestrahlte Licht auch vollständig auf den inneren Spiegel des Schwarzschild-Objektivs trifft (vgl. auch Fig. 7). Daraus folgt, daß es besonders günstig ist, wenn die Laserenergie möglichst vollständig in den

Kreisring zwischen A und B konzentriert wird.

Fig. 2 zeigt schematisch eine Intensitätsverteilung über den Querschnitt eines von einem Excimerlaser emittierten Lichtstrahls, der mit einem als solches bekannten Homogenisierer (vgl. den eingangs zitierten Stand der Technik) verarbeitet worden ist, unter Verwendung eines entsprechenden Teleskops und bei quadratischer Ausleuchtung des Homogenisierers. In den Fig. 2, 3 und 4 entsprechen die Grauwerte den örtlichen Lichtintensitäten, d. h. ein voll geschwärztes Quadrat entspricht höchster Lichtintensität, während ein weißes Quadrat verschwindende Lichtintensität anzeigt. Die unterschiedliche horizontale (also in Querrichtung von Fig. 2 gesehen) und vertikale Verteilung der Lichtintensitäten wird durch den unterschiedlichen Intensitätsverlauf des vom Excimerlaser emittierten Impulses verursacht. Die Verteilung der Lichtintensität in Richtung der kurzen Achse (in den Figuren vertikal, d. h. von oben nach unten) entspricht dabei einem Gauß-Profil, während die lange Achse (hier horizontal gezeichnet) eine Intensitätsverteilung mit einem Plateau hat und mit Gauß-ähnlichem Abfall an den Rändern.

Bei einer Strahlgestaltung gemäß Fig. 2 wird also ein wesentlicher Anteil des Laserstrahls durch den Bereich A (Fig. 1) abgeschattet und trägt nicht zur Transmission des Schwarzschild-Objektivs bei.

Die Fig. 5 und 6 zeigen eine erfindungsgemäße Abbildungsoptik, wobei Fig. 5 einen Schnitt entlang der kurzen Achse des rechteckigen, von einem Excimerlaser emittierten Lichtstrahls zeigt, während Fig. 6 einen entsprechenden Schnitt entlang der langen Achse des Lichtstrahls darstellt.

Der Lichtstrahl verläuft von links nach rechts. Vom Excimerlaser wird ein rechteckiger, oben beschriebener Lichtstrahl 10 abgegeben. Der vom Excimerlaser abgegebene rechteckige Lichtstrahl wird zunächst durch ein Teleskop (in den Figuren nicht dargestellt) geleitet, welches den Strahl in seinen Abmessungen dem Eingang eines weiter unten beschriebenen Homogenisierers anpaßt. Die Fig. 2 bis 4 zeigen Ergebnisse, die erhalten werden, wenn der Homogenisierer quadratisch ausgeleuchtet wird. In Richtung der kurzen Achse (Fig. 5) ist ein Biprisma 12a, 12b angeordnet, welches außenliegende Strahlanteile nach innen umlenkt und innenliegende Strahlanteile nach außen umlenkt, also eine Inversion der Strahlanteile in Bezug auf die Strahlachse X durchführt. Nach Durchgang durch das Biprisma 12a, 12b durchläuft der Strahl einen Homogenisierer 14a, 14b (als solches dem oben zitierten Stand der Technik zu entnehmen) und danach eine Kondensorlinse 16a des Homogenisierers und danach eine Feldlinse 16b. Der so optisch verarbeitete Strahl wird auf eine Beleuchtungsebene 18 homogen abgebildet. Die Beleuchtungsebene 18 ist die Objektebene für ein sich anschließendes Schwarzschild-Objektiv 20, in das die Strahlung eintritt, um stark verkleinernd auf eine Bildebene 22 des Schwarzschild-Objektivs (Fig. 7) abgebildet zu werden.

Wie Fig. 6 zeigt, entspricht die Abbildungsoptik für die lange Achse des Strahls der in Fig. 5 gezeigten Abbildungsoptik für die kurze Achse, mit der Ausnahme, daß die Biprismen 12a, 12b nur in Richtung der kurzen Achse wirken, nicht aber in Richtung der langen Achse.

Fig. 7 zeigt schematisch hier interessierende Einzelheiten in Bezug auf das Schwarzschild-Objektiv 20, nämlich die Beleuchtungsebene 18, in der ein Objekt 24 als Pfeil angedeutet ist. Aufgrund des als solches bekannten Strahlenganges im Schwarzschild-Objektiv, welches die Spiegel 20a und 20b aufweist, wird das Ob-

jekt 24 stark verkleinert als Abbildung 24' in der Bildebene 22 des Schwarzschild-Objektivs 20 abgebildet. Fig. 7 zeigt auch noch einmal den zentralen Abschattungsbereich A des Schwarzschild-Objektivs und dessen Öffnungsblende B (vgl. auch Fig. 1).

Fig. 3 zeigt eine Intensitätsverteilung über den Querschnitt des Strahls bei Eintritt in ein Schwarzschild-Objektiv, wenn Biprismen der in Fig. 5 gezeigten Art für beide Achsen des Strahls eingesetzt werden (also anders als in der erfindungsgemäßen Anordnung gemäß den Fig. 5 und 6). Gemäß Fig. 3 geht in der Strahlmitte die Strahlintensität gegen Null, d. h. die zentrale Abschattung A wirkt sich kaum noch negativ hinsichtlich der Transmission des Objektivs aus. Nachteilig ist aber bei der Intensitätsverteilung gemäß Fig. 3, daß hinsichtlich einer möglichst vollständigen und homogenen Ausleuchtung des Schwarzschildobjektivs (möglichst minimale Belastung der Spiegeloberflächen) sehr starke Intensitätsspitzen weit außen am Strahlprofil auftreten, die beim Durchgang durch das Schwarzschild-Objektiv nicht mehr auf den inneren Spiegel (20a) treffen, also abgeschnitten werden.

Fig. 4 zeigt die mit einer Abbildungsoptik gemäß den Fig. 5 und 6 erreichte, optimale Ausleuchtung des Schwarzschild-Objektivs. In Fig. 4 sind auch schematisch die Öffnungsblende B des Schwarzschild-Objektivs 20 und dessen Abschattungsbereich A eingezeichnet. Wie Fig. 4 unmittelbar zeigt, geht trotz der zentralen Abschattung kaum Intensität verloren und fast die gesamte Strahlung tritt weitgehend gleichförmig in den wirksamen Bereich des Objektivs ein und trägt zur Abbildung bei, so daß das Objektiv eine sehr hohe Transmission aufweist.

Als besonders vorteilhaft hat sich dabei die Verwendung von Prismen 12a, 12b herausgestellt, die wesentlich schmaler sind als der Beleuchtungsstrahl. Die Breite der Prismen hängt ab von der Größe des zentralen Abschattungsbereiches A.

Die Fig. 8 und 9 zeigen die Strahlengänge bei den optischen Anordnungen gemäß den Fig. 5 und 6, d. h. Fig. 8 zeigt den Strahlengang für die kurze Achse und Fig. 9 zeigt den Strahlengang für die lange Achse. In Fig. 8 ist durch mehr bzw. weniger Schwärzung von Kästchen (26) die Intensitätsverteilung wiedergegeben, je dunkler das Kästchen, umso mehr Energie hat der Strahl an dieser Stelle.

Bei den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen der Erfindung werden die Biprismen für die kurze Achse eingesetzt. Grundsätzlich ist es aber auch möglich, die Biprismen anstelle der kurzen Achse für die lange Achse einzusetzen. Dabei muß die Intensitätsverteilung des einfallenden Lichtstrahls berücksichtigt werden. Im Falle einer Verteilung entsprechend Fig. 2 ergäbe sich bei Einsatz der Biprismen für die lange Achse eine Intensitätsverteilung gemäß Fig. 10. Wie Fig. 10 zeigt, befindet sich im abgeschatteten Bereich des Schwarzschild-Objektivs mehr Energie als bei Einsatz der Biprismen für die kurze Achse (Fig. 4). Dies muß aber nicht allgemein immer so sein. Vielmehr hängt die Intensitätsverteilung von der Ausleuchtung des verwendeten Homogenisierers ab, d. h. von dem verwendeten Teleskop (siehe oben). Normalerweise ist es aber das Ziel, die Teleskopanordnung so zu gestalten, daß die Gesamtenergie des Strahles auf eine möglichst große Fläche der Spiegel des Schwarzschild-Objektivs verteilt wird. Dies wird im allgemeinen durch Einsatz der Biprismen für die kurze Achse erreicht, weshalb diese Variante in der Regel vorzuziehen ist. Bei Einsatz der Bipris-

men nur für die lange Achse ist die Intensität über einen großen Bereich relativ groß, fällt aber an den Rändern steil ab, während bei Einsatz der Biprismen für die kurze Achse nur ein kleiner Bereich durch hohe Intensität gekennzeichnet ist, die dann in Richtung der Ränder 5 Gauß-förmig abfällt.

Eine Verwendung der Biprismen für beide Achsen führt zu ungünstigeren Intensitätsverteilungen, weil Intensitätsmaxima aus dem Zentrum des Strahlprofils in die äußeren Ecken verlagert würde. Auch ist eine solche 10 Anordnung nicht vorzuziehen, weil der apparative Aufwand gegenüber einem Einsatz der Biprismen für nur eine Achse erhöht wäre.

#### Patentansprüche

15

1. Abbildungsoptik zum verkleinernden Abbilden eines Lichtstrahls (10), der eine inhomogene Intensitätsverteilung mit höherer Intensität in der Strahlmitte als am Strahlrand hat, mit einem 20 Schwarzschild-Objektiv (20), das mittig eingestrahktes Licht abschattet, einem Homogenisierer (14a, 14b) zum Vermindern von Intensitätsunterschieden im Lichtstrahl, und mit einer optischen Einrichtung (12a, 12b) zum Ändern der Intensitäts- 25 verteilung derart, daß der in das Schwarzschild-Objektiv (20) eintretende Lichtstrahl in der Mitte eine geringere Intensität hat als außen.

2. Abbildungsoptik nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Einrichtung (12a, 30 12b) zum Ändern der Intensitätsverteilung ein Biprisma ist.

3. Abbildungsoptik nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der abzubildende Lichtstrahl (10) von einem Excimerlaser 35 emittiert wird und etwa rechteckförmigen Querschnitt aufweist mit einer kurzen Achse und einer langen Achse.

4. Abbildungsoptik nach den Ansprüchen 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Biprisma (12, 12b) 40 nur in Richtung einer der Achsen, insbesondere in Richtung der kurzen Achse wirkt.

5. Abbildungsoptik nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite des Biprismas (12a, 12b) kleiner ist als die in Richtung der kurzen Achse 45 gemessene Breite des auf das Biprisma auftreffenden Lichtstrahls.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

50

55

60

65

FIG. 1

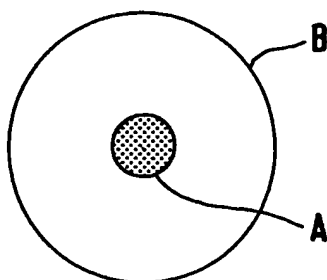


FIG. 2

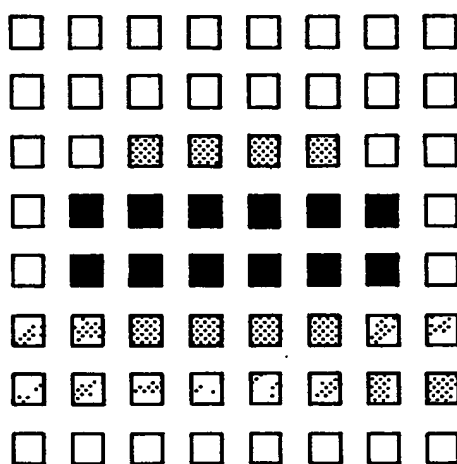


FIG. 3

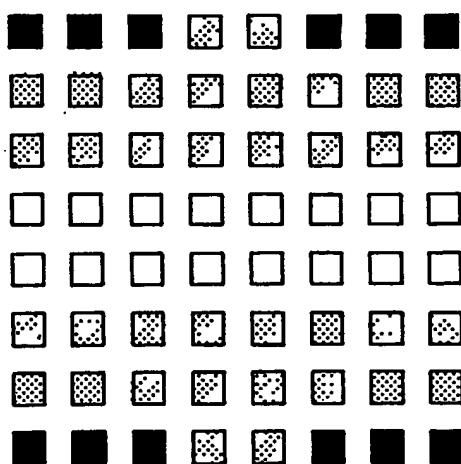
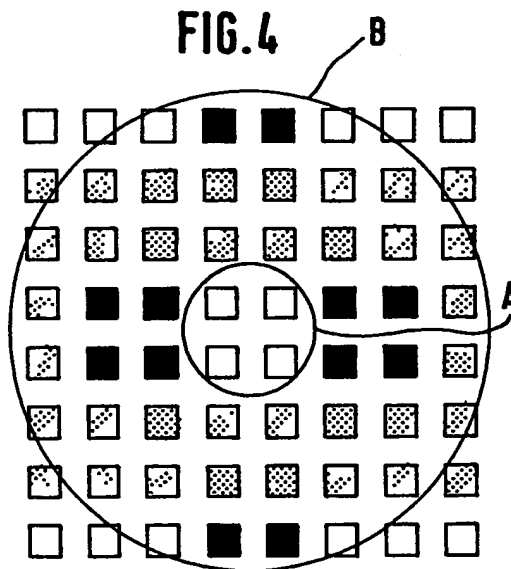
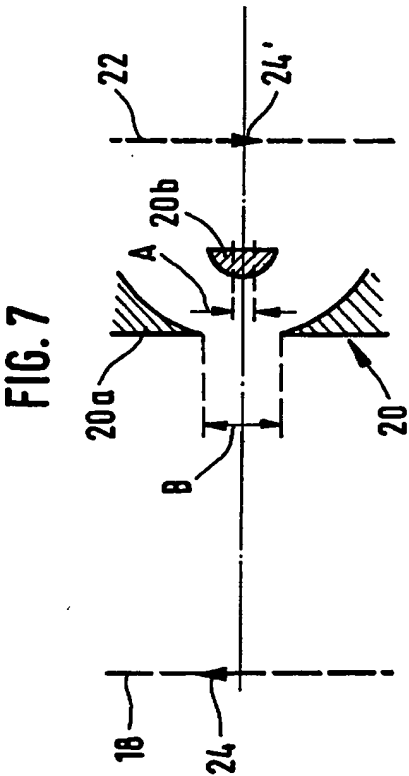
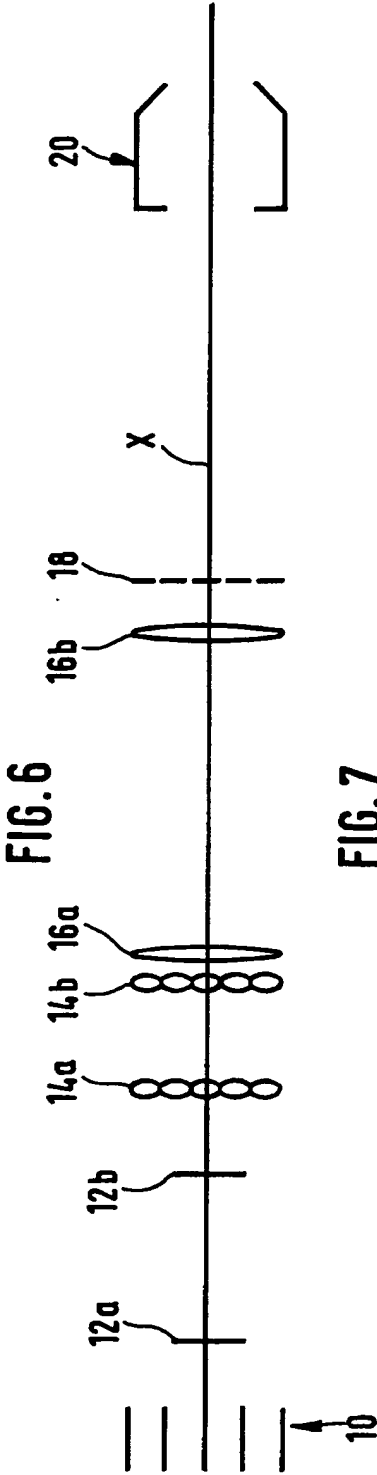
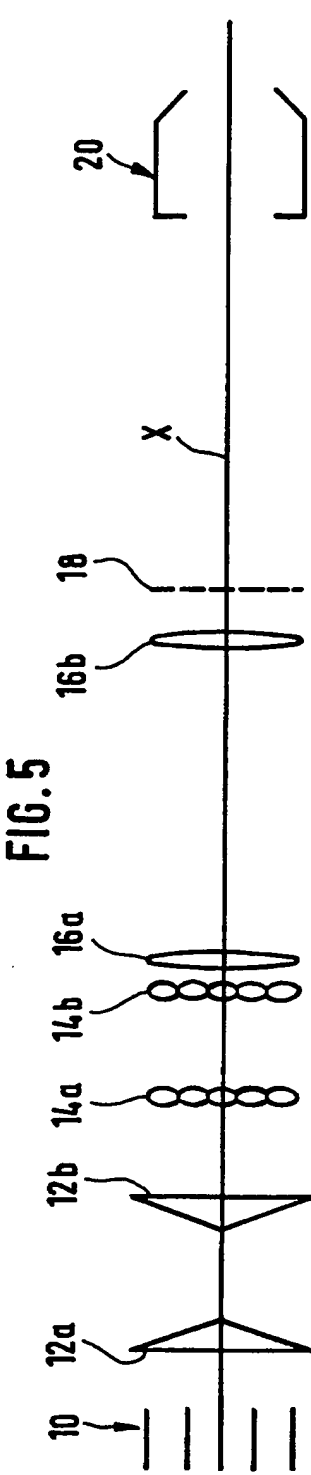
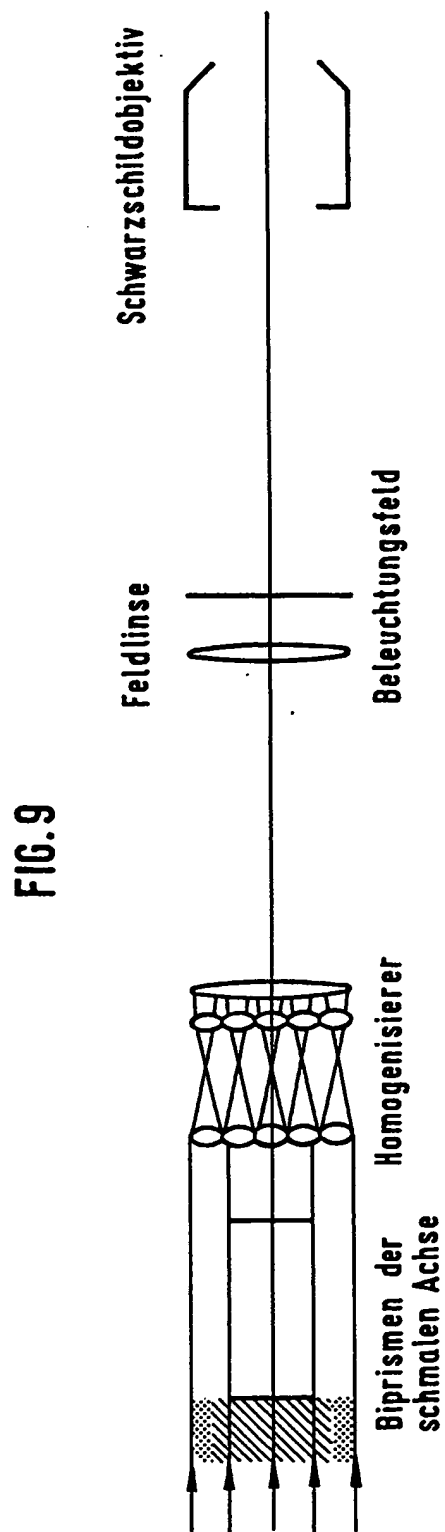
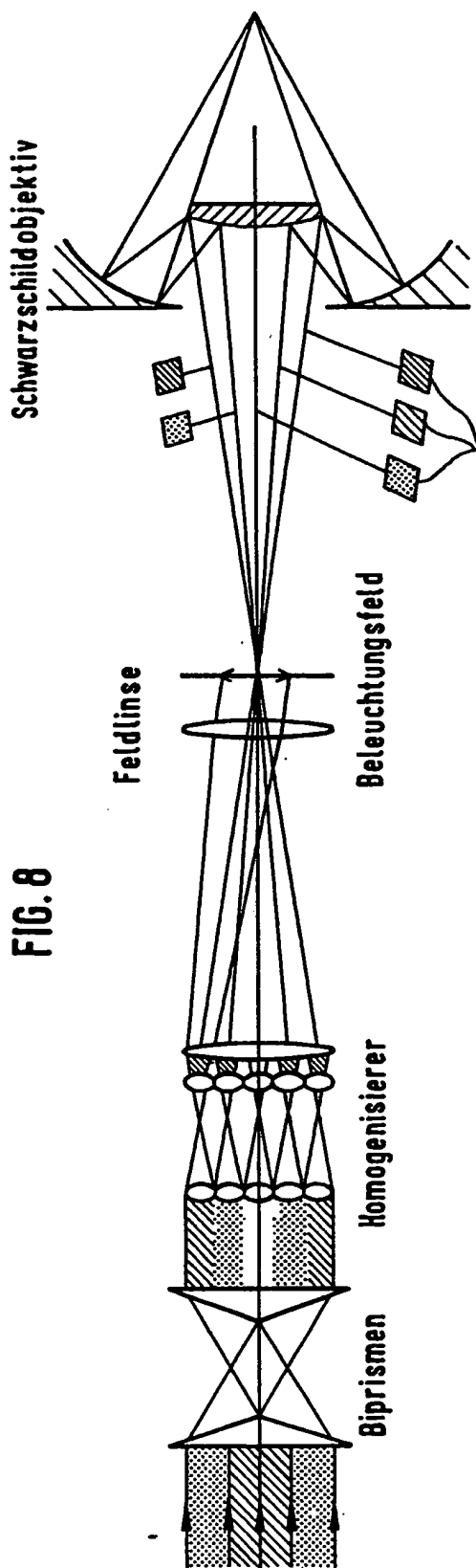


FIG. 4









**FIG. 10**

